3-3

УДК 004.89:004.93

А.С. Звенигородский
Государственный университет информатики и искусственного интеллекта МОН Украины, г. Донецк, Украина
zas@suiai.edu.ua

Кибернетические основы процесса понимания смысла текста

В статье рассматривается проблема формализации понимания смысла текста в информационных системах. Предложено новое определение понятия «смысл», как процесса определения непротиворечивости ситуации, описываемой текстом, формальной модели языковой проблемной области ситуаций. Дано определение языковой проблемной области ситуаций, поставлена задача смыслового анализа текста.

Введение

Задача анализа смысла естественно-языковых (ЕЯ) текстов в искусственном интеллекте важна как для фундаментальных исследований на пути создания искусственного сознания, так и для прикладных направлений: систем извлечения данных, знаний, машинного перевода, аннотирования и др. В существующих информационных системах эту задачу решают на уровне лингвистического процессора, реализующего морфологический, синтаксический и семантический анализ. Если первые две задачи практически решены, то задача семантического анализа во многом зависит от решения задачи учета пресуппозиции или контекста, без которых речевое высказывание не может реализовывать свои функции в полной мере. Многими исследователями [1] контекст рассматривается как экстралингвистическое явление, основанное на знаниях.

Одним из направлений в решении задачи контекста и задачи понимания смысла является совместное использование исследований в лингвистике и моделирования сознания, которое использует восприятие образов, образное мышление, смысл образов для субъекта, память и знания. Так, в [2], [3] это явление связывается с процессами восприятия субъектом образов внешнего и своего внутреннего мира через органы чувств, восприятием через вторую сигнальную систему с помощью ЕЯ и непрерывным процессом обучения. Распространено представление о смысле как категории [4], конструктивное определение которой даст основу для решения задачи понимания смысла. В данной работе смысл текста рассматривается не как категория, а как процесс логического образного мышления над ситуацией, что позволило в терминах искусственного интеллекта по-новому определить и формализовать смысл текста и результат анализа текста.

Предварительные замечания

Понятия смысла и контекста исследуются многими дисциплинами. Существенным недостатком этих исследований является декларативность представления знаний, что ограничивает возможности формализации. Отметим, что любая формальная система основывается на аксиомах, правилах, ограничениях и гипотезах. Поэтому мы считаем необходимым, прежде всего, введение следующих гипотез и допущений:

– входными объектами процесса понимания смысла являются образы;
– понимание смысла есть один из механизмов сознания при принятии решений;

– понимание смысла происходит на ограниченном фокусом внимания множестве образов – ситуации;

– фокус внимания постоянно переключается между ситуациями.

Эти допущения и гипотезы выдвинуты с опорой на исследования в нейрофизиологии, философии, психологии и других дисциплинах. Мыслить можно об объекте, его свойствах и ситуациях (совокупности объектов), осознав ситуацию или поняв ее смысл, человек принимает решения (выбирает действия) в зависимости от своих целей, мотивации, убеждений и т.д. Другими слова, поняв смысл ситуации, в том числе смысл текста, как средство описания ситуаций, человек может принять его во внимание (запомнить), выполнить механические действия, спланировать действия и т.д.

В [3] делается акцент на то, что процесс поиска смысла есть иерархоподобное явление, и его первый уровень связан с восприятием образов. По нашему мнению, для восприятия исходными являются три входных потока сенсорной информации: от органов чувств, реагирующих на внешний мир; от внутренних органов тела и от самого мозга (внутренние переживания). Результатом восприятия являются первичные сенсорные образы. Совокупность сенсорных образов, находящихся в фокусе внимания, образуют ситуацию. Смыслы сенсорных ситуаций отражают объекты внешнего мира и биологические процессы в теле субъекта. Для их понимания субъекту не требуется естественный язык (ЕЯ). Например, смысл пищи понятен и без ЕЯ. На следующих уровнях, связанных с социальным развитием субъекта, когда возникает потребность в обмене информацией, появляется ЕЯ, который позволяет субъекту выражать свои смыслы и понимать чужие. С развитием социума количество смыслов возрастает, возникают смыслы профессиональной деятельности, затем более сложные смыслы, связанные с творчеством, познанием, духовностью, которые понимать можно только с помощью естественных языков: литературного, научного, изобразительного, музыкального, движения тела и др.

Особенностью этих уровней является то, что они влияют друг на друга не только иерархически снизу-вверх и сверху-вниз, но и непосредственно, т.е. каждый уровень влияет на все остальные и все это постоянно находится в развитии. Так, смысл пищи для гурмана уже невозможно представить без ЕЯ. В данном случае передача оттенков вкуса затрагивает знания о подробном составе и количестве составляющих пищи, технологии приготовления. Выразить все это можно только с помощью ЕЯ.

Дальнейшие рассуждения мы основываем на гипотезе, что в основе смыслов всех уровней лежат смыслы сенсорных образов и сенсорных ситуаций, воспринимаемых органами чувств, потому что поведение образов верхних уровней странным образом напоминает поведение сенсорных образов: цены растут, ответственность падает и т.д. Отсюда возникает предположение, что задача понимания смысла текста на втором и последующих уровнях должна базироваться на принципах сенсорного смысла. Это означает, что не слова текста и его составляющие имеют смысл, а смысл сенсорных образов и ситуаций обозначается словами и предложениями, причем достаточно сложно по многочисленным правилам и исключениям. ЕЯ усиливает возможности механизма смыслового мышления и, главное, отражает социальные процессы, которые стали определяющими в жизни человека.

Из исследований в психологии известно, что сознание фокусирует внимание человека на не более чем семи объектах. В нашем случае это аналог того, что ситуация содержит не более семи образов. Поэтому задачу понимания смысла текста мы рассматриваем на множестве небольших текстов из простых предложений, которые описывают ситуации из внешнего мира и в этих ситуациях участвует ограниченное множество образов. Задача понимания смысла всего многообразия текстов требует своей отдельной постановки, связанной со сложной теорией текста [1], и в данной работе не рассматривается.

Рассмотрим данную задачу с точки зрения кибернетики или искусственного интеллекта. Для компьютерной системы текст – это последовательность кодов. Субъект воспринимает эту последовательность и по правилам сочетания кодов, которые определяет ЕЯ, распознает ситуации, понимает их смысл и принимает решения. Учитывая тезис философии: «Что-либо имеет смысл только для субъекта», кибернетическая система, в отличие от субъекта, по последовательности кодов должна определить, что эту последовательность можно связать с одной из ситуаций, имеющей смысл для субъекта, то есть интерпретировать этот смысл с позиции третьего лица. Кибернетическая система не должна понимать смысл как человек (у нее нет тела, мотивации, она не член социума и т.д., она не субъект), поэтому она может только выразить (описать) все этапы этого процесса у субъекта, как они интерпретируются в ее формальной системе и представить это описание в своем формате или в привычном для человека виде на ЕЯ.

Целью данной работы является определение и разработка формальной модели процесса интерпретации смысла текста, имитирующей аналогичные процессы человеческого сознания (образное мышление, фокус внимания, смысл-значение для субъекта) на основе системного подхода с позиций кибернетики.

Смысл и проблемная область ситуаций

В течение жизни сознание одного субъекта работает с огромным количеством ситуаций, которые повторяются с некоторыми изменениями и характеризуются постоянством образов и их поведением. Это постоянство сознанием определяется как смысл. Совокупность таких ситуаций назовем проблемной областью ситуаций (ПОС). Определим свойство ПОС, необходимое для формализации смысла: образы ПОС единственны в своем роде и не могут быть в других ПОС, хотя основой их могут быть одни и те же объекты или сенсорные образы, например, «Уголь» в одной ПОС – инструмент для рисования, в другой – топливо, в третьей – реагент для фильтрации. Это свойство разрешает проблему множества смыслов одного текста. При таком подходе в одной ПОС текст имеет только один смысл, но таких ПОС может быть множество. При анализе текста ПОС, которой пользовался автор текста, не всегда удается определить явно из самого текста. В результате принятые субъектом-читателем решения могут оказаться неверными. Отметим также, что анализ структуры текста и его составляющих – это тоже набор ПОС.

Для дальнейшего изложения выделим и определим декларативно составляющие и понятия ПОС субъекта, которые необходимо формализовать от третьего лица. Будем считать, что для восприятия сенсорные образы – это набор свойств. Для примера рассмотрим свойство «цвет». Известно, что восприятие различает интенсивность этого свойства: синий, зеленый и т.д., но что такое цвет, восприятию не важно, для него оно «интуитивно» понятно, т.е. не требует определения. Эту ситуацию определим как аксиому сенсорного образа и назовем аксиомой *Свойство*. На основании этой аксиомы дадим основные определения сенсорного образа субъекта.

Сенсорная картина (поле) – рабочая область восприятия свойств.

Шкала свойства – способ задания интенсивности свойства для восприятия.

Значение свойства – оценка восприятием интенсивности свойства по шкале свойства.

Память свойств – значения свойств, наблюдаемые ранее.

Сенсорный образ – повторяющаяся совокупность свойств и их значений в сенсорной картине, определяемая по данным из памяти свойств образа.

Агрегированный образ – подмножество образов, которые рассматриваются как свойства нового образа (например, лицо человека).

Составной сенсорный образ – совокупность сенсорных свойств от разных сенсорных чувств, относимых сознанием к одному объекту. В свойства составного образа могут входить зрительные свойства, акустические, тактильные, вкусовые.

Операция: Сравнение значения свойства со значениями из памяти.

На основании предыдущего изложения определим понятие сенсорной проблемной области ситуаций (СПОС) для субъекта.

Сенсорная Проблемная область – это множество сенсорных образов (образа) из сенсорной картины, имеющих смысл-значение для субъекта и отобранных сознанием в качестве таковых при обучении.

Рассмотрим суть СПОС. В связи с тем, что человек может мыслить об объекте и его свойствах, а также о ситуациях, в СПОС может быть один образ и более. В общем случае в ситуации участвуют несколько образов, и для сознания они действуют в некотором пространстве, суть которого для сознания «интуитивно» понятна. Таким образом, вводим для СПОС аксиому *Пространство*. Кроме этого, «интуитивно» понятны *Свойство положение образа* – способность образа занимать часть пространства СПОС и *Свойство движение образа* – изменение свойства положения образа в пространстве СПОС.

Определим теперь основные понятия СПОС.

Сцена – подмножество образов (образа) в пространстве СПОС, зафиксированное фокусом внимания в текущий момент или хранимое в памяти.

Начальная точка отсчета на сцене – точка отсчета в системе координат восприятия.

Относительная точка отсчета – условная точка, выбираемая восприятием, центром которой является один из образов сцены.

Время – свойство упорядочивать сцены после фиксации фокусом внимания в последовательном порядке.

Шкала Свойства положения образа – способ задания восприятием значений положения образов.

Значение Свойства положения образа – оценка восприятием положения образа по шкале свойства.

Шкала Свойства движения образа – способ задания восприятием значений изменения положения образов в пространстве СПОС (направления, скорости).

Значение Свойства движения образа – оценка восприятием свойства движения образа по шкале свойства.

Память сцен – механизм кодирования, хранения и извлечения значений свойств положения образов.

Состояние сцены – значение свойства положения образов, наблюдаемое в данный момент или извлеченное из памяти сцен.

Операция: Сравнение состояния текущей сцены с состояниями из памяти.

Формальная система СПОС – знания о поведении и связях образов СПОС, определенные на множестве сцен в результате обучения и самообучения субъекта.

Данные определения введены, чтобы показать, что для сознания образы и ситуации не есть застывшее фотографическое отображение мира, а основа для мышления над их свойствами.

Рассмотрим эти положения от третьего лица или как их представить в формальной системе. Для этого также потребуются аксиомы. Аксиомой образа в формальной системе является *Сенсор*.

Определения сенсорного образа в формальной системе.

Интенсивность сенсора – численное значение реакции сенсора на раздражитель.

Сенсорная картина (поле) – физически упорядоченный набор сенсоров.

Свойство – закономерности интенсивностей сенсоров и порядка их расположения в сенсорной картине.

Шкала свойства – способ идентификации уровней интенсивности свойства и их обозначения (на числовой оси, перечисление).

Значение свойства – оценка интенсивности свойства по шкале свойства.

Сенсорный образ. Совокупность свойств, различимых по закономерностям в сенсорной картине.

Память. Механизм кодирования, хранения и извлечения значений свойств образа, наблюдаемых ранее.

Операция: Сравнение значения свойства со значениями из памяти (в математическом понимании).

Определения формальной модели сенсорной проблемной области ситуаций.

Сенсорная проблемная область ситуаций – это множество сенсорных образов (образа) из сенсорной картины, имеющих смысл-значение для субъекта по мнению экспертов.

Пространство СПОС – система координат (на плоскости, числовая ось, правила упорядочивания множества образов относительно друг друга).

Начальная точка отсчета на сцене – начальная точка отсчета в системе координат.

Относительная точка отсчета – перенос точки отсчета в область одного из образов сцены.

Время – способ идентификации сцен в порядке поступления (астрономическое время, относительно исходной сцены, взятой за точку отсчета).

Шкала Свойства положения образа – способ обозначения положения образа в пространстве ПОС.

Значение Свойства положение образа – значения координат в пространстве ПОС центра тяжести или других параметров совокупности свойств сенсорного образа в пространстве ПОС по шкале свойства.

Шкала Свойства движения образа – способ идентификации уровней свойства и их обозначения (изменения направления, скорости положения образов в пространстве ПОС).

Диапазон Свойства движения образа – минимальное и максимальное значение шкалы свойства.

Значение Свойство движение образа – оценка свойства по шкале.

Сцена – подмножество образов в пространстве ПрО, зафиксированное на входе системы или извлеченное из памяти.

Память сцен – механизм кодирования, хранения и извлечения значений свойств положения образов и движения образов, фиксируемых на входе системы.

Состояние сцены – значение свойств положения образов сцены.

Операция: Сравнение состояния текущей сцены с состояниями из памяти (в математическом понимании).

Формальная система ПОС – это множество образов, отобранных экспертом, множество состояний сцен и знания о поведении и связях образов ПрО, заданных экспертом или определенных на множестве сцен и хранимых в памяти.

Представленные определения являются основой для построения интеллектуальных систем для взаимодействия с внешним физическим миром на уровне животных. У человека для сознания определяющую роль имеет ЕЯ, поэтому введем еще ряд определений.

Языковый сенсорный смысл – альтернативное и действующее параллельно сенсорному смыслу представление образов и ситуаций с помощью средств ЕЯ.

Языковый образ (ЯО) – формальная система для выражения образа средствами ЕЯ.

Языковая ПОС (ЯПОС) – формальная система для выражения ситуаций средствами ЕЯ.

Исторически первоначальными для субъекта являются смыслы сенсорных картин, построенные на аксиоматике сенсорного образа. Затем производится переход к языковому смыслу, и образ строится не только на сенсорной картине, но и знаковой. Появление ЕЯ равносильно появлению нового «сенсорного» канала, который может добавлять новые свойства к образам. Теперь образы могут быть смешанными: часть свойств от органов чувств, часть знаковых. Далее, в новом канале появляется возможность создавать новые образы. Это приводит к тому, что появляются абстрактные образы, удовлетворяющие аксиоматике, но не фиксируемые сенсорными системами (органами чувств), но фиксируемые в новом канале. Примеры образов: кредит в банке – смешанный; очки в турнирной таблице – абстрактный. В целом теперь для сознания на уровне второй сигнальной системы нет особой необходимости делить образы на сенсорные, агрегированные, смешанные, абстрактные, все их можно обобщить как образ.

Обобщая все вышесказанное, представим формальные системы ЯО и ЯПОС.

Языковый образ – это четверка:

FSNLO = {FSO, SS, NLOR, APL}, где

FSO – формальная система образа:

FSO = {P, D_P}, где

P = {p_i} – множество свойств образа; i =1, …, N.

DP – множество шкал свойств; DP = {dp_{ij}}; i =1, … N., j = 1, … M.

SS – множество кодов ЕЯ (аналог в лингвистике – слова и знаки препинания).

Множество SS учитывает такое свойство языка, как синонимия, разбивается на пересекающиеся подмножества:

SS = {SI, SP_i, SD_{ij}}, где

SI = {si_o} – подмножество идентификаторов-синонимов образа, знаков для обозначения образа, где o = 1, …, O;

SP_i – подмножества идентификаторов-синонимов свойств, знаков для обозначения свойств образа, где i =1, … I.

SD_{ij} – подмножества идентификаторов-синонимов значений свойств на шкале свойств, знаков для обозначения значений свойства на шкале свойств dp_{ij}, где i = 1, … I – номер свойства, j = 1, … J – номер знака на шкале свойства;

NLOR – множество правил грамматики ЕЯ, исключений и сценариев разбора и синтеза предложений и текста для представления данных свойств образа в виде текста на ЕЯ.

APL – множество ассоциаций между свойствами образа и подмножествами SS (в языке способы выражения), заданных экспертом и учитывающих стиль, намерения и психологическое состояние субъекта

APL = {APLS, APLN, APLP}

APLS – подмножество ассоциаций, связанных со стилем изложения;

APLN – подмножество ассоциаций, связанных с намерениями автора текста;

APLP – подмножество ассоциаций, связанных с психологическим состоянием субъекта.

Фактически FSNLO есть способ представления образного смысла, отличный по физическим принципам представления в мозге субъекта, но, будем надеяться, совпадающий по системным функциям.

Формальная система языковой ПОС – это четверка:

FSP = {E, SA, NLMR, AML}, где

E – множество образов ПОС, формализованных в системе FSNLO, сформированное (упорядоченное) экспертом.

E = {ek} k = 1, …, K;

SA – множество кодов ЕЯ для выражения ситуаций (аналог в лингвистике – слова и знаки препинания).

Множество SA разбивается на пересекающиеся подмножества:

SA = {SL, SM}, где

SL = {slkl} – упорядоченное (по точке отсчета) подмножество знаков для обозначения положения образа ek, где l = 1, … L, k = 1, …, K;

SM = {smkm} – подмножество знаков для обозначения значений шкалы свойства движения образа ek относительно точки отсчета, где m = 1, … M;

NLMR – множество правил грамматики ЕЯ, исключений и сценариев разбора и синтеза предложений и текста для представления данных состояния сцены в виде текста на ЕЯ.

AML – множество ассоциаций между состояниями сцен, свойствами положения и движения образов и языковыми выражениями (множеством SA), заданных экспертом и учитывающих стиль, намерения и психологическое состояние субъекта;

AML = {AMLS, AMLN, AMLP}

AMLS – подмножество ассоциаций, связанных со стилем изложения;

AMLN – подмножество ассоциаций, связанных с намерениями автора текста;

AMLP – подмножество ассоциаций, связанных с психологическим состоянием субъекта.

Постановка задачи понимания смысла текста

Обратим внимание еще на одно свойство сознания. При восприятии слова в сознании возникает (инициируется) цельный образ со всеми его свойствами, например, при слове «кувшин» [4] возникает образ со многими подробностями. Аналогично в компьютерной системе коды текста должны активизировать ЯПОС, в которых они встречаются, и по ним можно будет извлечь из памяти все свойства образов и сцен. Отсюда определяется критерий принадлежности текста конкретной ЯПОС – текст принадлежит ЯПОС, если все слова текста принадлежат множествам SS и SA. Но это еще не означает, что текст имеет смысл (возможно, это просто набор кодов). Поэтому мы считаем, что текст в данной ПОС имеет смысл, если все коды текста обнаружены в ЯПОС, и их порядок и сочетания не противоречат этой системе, т.е. множествам и правилам NLOR, APL и NLMR, AML. Другими словами, образы и их свойства, сцена и ее свойства, инициируемые текстом, должны быть допустимы в формальной модели ЯПОС, в противном случае текст в этой ПОС не имеет смысла.

Данная постановка задачи не предусматривает обучения. Если текст принадлежит ПОС, но в нем встречается слово, которое отсутствует в системе, то такой текст в данной постановке не имеет смысла. В жизни часто происходит так, что, например, при появлении незнакомого слова сознание добавляет его в свою ПОС, например, по аналогии с прошлым опытом и содержанием памяти, т.е. на самом деле новое слово включается в ПОС и после этого происходит понимание смысла. В данном случае задачу понимания смысла необходимо ставить по-другому, что в данной работе не предусмотрено.

Результатом понимания текста являются сцены разных ЯПОС, что равносильно тезису о том, что один текст имеет множество смыслов. Поэтому возникает еще задача выбора одного из смыслов, которая здесь также не рассматривается. Следуя предложенному подходу, модель конкретного субъекта мы можем представить как набор ПОС и ЯПОС, отобранных по каким-либо критериям. Для модели академика – это один набор, для тренера по футболу – другой и т.д. Важно реализовать все множество ЯПОС академика и тренера. В пределе, объединив все ПОС и ЯПОС, мы получим интеллектуальную систему, превосходящую по мышлению любого человека.

Сложным вопросом остается определение правильности понимания текста системой. Единственный способ – это получение объяснений от системы. Эти объяснения могут быть в форматах системы, т.е. мы знаем, как происходит процесс интерпретации смысла системой, или в виде текста на ЕЯ, сгенерированным системой. Вывод о понимании смысла текста системой мы делаем, сравнивая эти объяснения со своим пониманием исходного текста. Другой вариант – предложить это делать экспертам. И последний вариант – аналог теста Тьюринга – задавать вопросы системе по тексту и по ответам судить о понимании.

Выводы

Согласно [5]: «Язык есть набор знаков и система правил, которые выполняют в системе общества такие функции, как: 1) экспрессивная; 2) сигнификативная; 3) когнитивная; 4) информационно-трансляционная; 5) коммуникативная». Представленный подход является начальным этапом в решении задачи понимания смысла текста и языка. Он позволяет в формальной системе субъекта определить, является ли для субъекта ситуация, описываемая в тексте, допустимой, а следовательно, имеющей смысл. Это позволяет субъекту определять принадлежность текста ЯПОС, извлекать данные из текста и генерировать тексты с целью передачи своих данных другим субъектам. Таким образом, реализуется информационно-трансляционная функция языка. Реализация остальных функций в основе содержит предложенный формальный аппарат, но требует дополнительных исследований по взаимному влиянию и собственных постановок задач.

В прикладных системах данный подход решает проблему множества смыслов, в том числе проблему омонимии и словарей-тезаурусов. Напротив, можно получить электронный толковый словарь, толкование слов которого будет формироваться по участию слова во всех ЯПОС системы.

В качестве недостатка отметим, что количество ЯПОС огромно и для их программной реализации требуется существенные затраты времени и ресурсов. Средством уменьшения объемов информации и ускорения обработки данных могут стать методы инженерии знаний, построенные на различных логиках: временной, пространственной, нечеткой, модальной и др.

Литература

1. Валгина Н.С. Теория текста : [учебное пособие] / Валгина Н.С. – М. : Логос, 2003. – 250 с.
2. Звенигородский А.С. Концепция и задачи понимания смысла текста в системах искусственного интеллекта / А.С. Звенигородский // Искусственный интеллект. – 2009. – № 3. – С. 6-10.
3. Звенигородский А.С. Функциональная схема механизма смыслового мышления / А.С. Звенигородский // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 195-201.
4. Святогор Л. Определение понятия «смысл» через онтологию. Семантический анализ текстов естественного языка / Л. Святогор, В. Гладун // XVth International Conference «Knowledge-Dialogue-Solution» KDS 2009, (Varna, Bulgaria, June-July 2009). – P. 53-61. – (International Book Series «Information Science and Computing»).
5. Новейший философский словарь. – [3-е изд., исправл.]. – Мн. : Книжный Дом, 2003. – 1280 с. – (Мир энциклопедий).

О.С. Звенігородський

Кібернетичні засади процесу розуміння сенсу тексту

У статті розглядається проблема формалізації розуміння сенсу тексту в інформаційних системах. Запропоновано нове визначення поняття «сенс», як процесу встановлення непротиріччя ситуації, що представлена в тексті, формальній моделі мовної проблемної області ситуацій. Наведено визначення мовної проблемної області ситуацій, поставлена задача аналізу сенсу тексту.

A.S. Zvenigorodsky

Cybernetics Foundations of Understanding Text Sense

The paper is devoted to the problem of formalization an understanding text sense in information systems. It is proposed a new definition of sense conception, such as a process, that define contradiction between situation that described in text and situation in formal language problem area of situations. It is gave a definition of formal language problem area of situations, raised a problem of understanding text sense.

Статья поступила в редакцию 02.06.2010.